

基于分析型 KANO 模型的 3D 打印笔设计研究

詹峻岭, 黄黎清*, 李明珠
(江苏大学, 江苏 镇江 212000)

摘要: **目的** 针对 3D 打印笔市场产品同质化严重的现象, 旨在充分挖掘用户需求, 并依据用户需求分析的结果对 3D 打印笔进行改良设计。**方法** 首先, 对市场上现有的 3D 打印笔进行产品基本功能及使用流程的调研分析, 获取初步功能需求; 其次, 采用共创工作坊的方式对 3D 打印笔的资深用户及行业内的设计开发人员展开调研, 围绕用户特征、产品功能、用户痛点、产品机会点, 以及创新设计等进行共创, 进一步归纳整理, 作为功能需求的补充; 最后, 根据功能需求点进行 KANO 问卷调研, 基于分析型 KANO 模型计算每项功能需求的类别, 通过分析型 KANO 模型与传统 KANO 模型的对比证实了分析型 KANO 模型的有效性, 利用功能质量提升矩阵, 并确定最终的设计策略。**结果** 获得了 3D 打印笔各项功能需求的属性分类及设计优先级排序, 提出针对 3D 打印笔用户需求的设计策略, 完成 3D 打印笔设计实践与评估。**结论** 利用共创工作坊的方法完善 3D 打印笔的功能需求获取, 并运用分析型 KANO 模型对功能属性进行分类和重要性排序, 将用户需求转化为设计策略, 为今后企业进行同类产品设计研发提供了新的思路与方法。

关键词: 分析型 KANO 模型; 3D 打印笔; 功能需求; 共创工作坊; 用户满意度

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)22-0102-12

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.22.012

3D Printing Pen Design Based on the Analytical KANO Model

ZHAN Jun-ling, HUANG Li-qing*, LI Ming-zhu
(Jiangsu University, Jiangsu Zhenjiang 212000, China)

ABSTRACT: The work aims to fully explore the customer needs and improve the design of the 3D printing pen according to the results of customer needs, to deal with the serious homogeneity of products in the 3D printing pen market. Firstly, existing 3D printing pens on the market were investigated and the basic functions and usage processes of the products were analyzed to obtain the preliminary functional requirements. Secondly, senior users of 3D printing pens and design developers in the industry were invited to participate in a co-creation workshop around user characteristics, product functions, customer pain points, product opportunity points and innovative design, which were further summarized and sorted out as a supplement to functional requirements. Finally, KANO questionnaire research was carried out according to the functional requirements points. The category of each functional requirement was calculated based on the analytical KANO model. Then the effectiveness of the analytical KANO model was verified by the comparing the analytical KANO model with the traditional KANO model. The final design strategies were determined with the functional quality improvement matrix. The attribute classification and design priority of each functional requirement of the 3D printing pen were obtained. The design strategies for user needs of the 3D printing pen were proposed, and the design practice and evaluation were completed. The method of co-creation workshop is used to improve the functional requirements acquisition of the 3D printing pen, and the analytical KANO model is used to classify and rank the functional attributes, so as to translate user needs into design strategies, providing new ideas and methods for enterprises to design and develop similar products in the future.

KEY WORDS: analytical KANO model; 3D printing pen; functional requirements; co-creation workshops; customer satisfaction

目前, 中国大约有 2.5 亿 14 岁以下的儿童, 约占全国总人口数的 17.95%^[1], 且随着国家三孩政策的推行, 儿童玩具将呈现井喷式增长。很多玩具的设计并未关注儿童群体的需求, 发挥不出其作用。根据中国玩具和婴童用品协会发布的《2022 年中国玩具和婴童用品行业发展白皮书》^[2]显示, 2021 年, 国内市场玩具零售总额比上年增长 9.6%, 出口额比上年增长 37.8%。在严峻而复杂的疫情和世界经济形势面前, 围绕儿童用户对玩具产品的需求展开研究, 对推动我国玩具行业发展具有十分重要的作用。同时, 随着 3D 打印技术的兴起, 为儿童和青少年设计的世界首款 3D 打印笔也顺利面世。在经过数年的技术更新迭代之后, 这类产品也开始广泛地应用于儿童群体, 它通过融化能够在常温下快速凝固的 PLC 耗材来达到塑造各种形态作品的目的, 能较好地培养儿童的动手能力和思维能力, 摆脱了传统玩具玩法固定、不能够自由发挥创作的缺陷, 因此部分小学也已经将 3D 打印笔利用于课后兴趣培养班之中。这也促使更多厂商在该类玩具上进行研发投入。但目前市场上 3D 打印笔产品却同质化现象严重, 大多停留于改型设计之中, 缺乏更多的创新性与趣味性。

基于以上背景, 以 3D 打印笔为载体, 从用户功能需求的角度对 3D 打印笔展开系统研究, 并利用共创工作坊收集用户需求, 采用分析型 KANO 模型对 3D 打印笔进行需求分析, 从而建立符合 3D 打印笔用户需求的设计策略, 以指导设计开发。

1 KANO 模型概述

1.1 KANO 模型

KANO 模型由日本东京理工大学教授狩野纪昭^[3]发明。它是基于对用户需求的细分原理进行用户需求分类筛选以及优先级排序的工具^[4], 能够较为直观地表现用户满意度与产品功能需求之间的非线性关系, 在需求分类方面其将用户需求分为五种类型, 即必备型需求、期望型需求、魅力型需求、无差异型需求、反向型需求^[5]。通过这五种分类能够快速对用户需求进行定性分析, 从而确定用户满意度与需求实现程度之间的关系, 见图 1。

1.2 分析型 KANO 模型

2009 年, 南洋理工大学 Xu 等^[6]为解决传统 KANO 模型存在的缺陷, 提出了分析型 KANO 模型理论。分析型 KANO 模型通过引入 KANO 指数来衡量用户的满意度与不满意度, 相较于传统的 KANO 模型, 它能够将不确定的用户需求满意度转化为具体的功能需求, 来帮助设计开发者更好地进行设计决策^[7]。为确定 3D 打印笔不同用户需求的重要程度, 需利用分析型 KANO 模型对 3D 打印笔的各项需求提供满意度提升决策模型^[8], 从而更加精准地实现用户需求与产品开发之间的价值匹配^[3]。

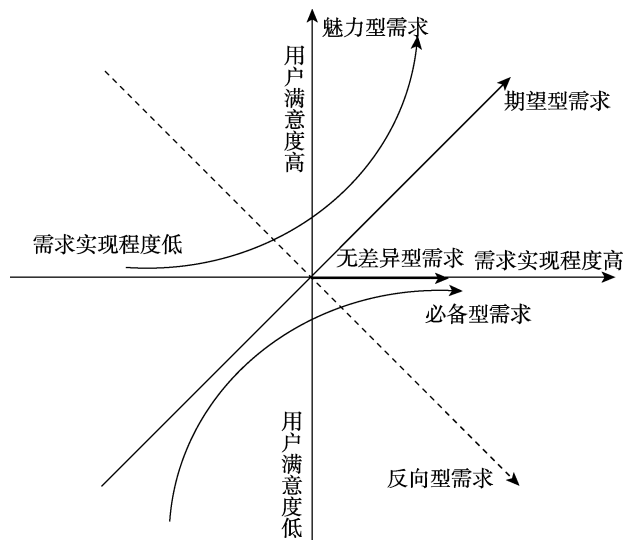


图 1 KANO 模型

Fig.1 KANO model

2 3D 打印笔产品与用户需求分析

2.1 3D 打印笔产品分析

目前, 市面上主流的 3D 打印笔主要分为低温款和高温款两种。其中, 低温款 3D 打印笔的市场占比在 95% 以上, 主要使用群体为 6~18 岁的儿童及青少年, 笔头温度为 60~80 °C, 使用 PCL 低温耗材, 安全程度高, 操作简单, 可以采用电池供电, 不需要充电线, 但其耗材的硬化时间较长, 定型相对困难。高温款 3D 打印笔的主要使用群体为较为专业的成人, 其使用 PLA/ABS 高温耗材, 符合成年人的创作需求, 耗材硬化时间短, 极易定型, 适合制作更加复杂的造型。考虑到儿童市场的产品主要为低温款, 因此以低温款 3D 打印笔为研究对象展开研究。

3D 打印笔整体功能结构较为简单, 外观结构主要包括笔头、散热孔、进料/暂停键、调速键、壳体、退料键、电源键、指示灯; 内部结构主要包括进料口、电源插口、锂电池、缓冲垫、耗材管道、传动机构、电机、耗材管道、加热环、出料口, 见图 2。该产品整体使用流程可简要分为六步: 开机预热; 预热完成后按进料键; 插入 3D 打印耗材; 按调速键对速度进行合理调整; 在临摹板上进行绘画; 按退料键或电源键结束使用。因此, 在进行设计时需考虑以下几点: 整体结构的合理性, 如电机、锂电池的空间大小, 耗材管道的铺设是否会被阻挡等; 在设计造型时需着重考虑握持打印笔的舒适度, 以保证产品的重要功能按键能够随时处于可按范围内; 由于产品存在加热装置, 其内部加热环的加热温度可达 100 °C 以上, 耗材经过加热环到达出料口后温度为 60~80 °C, 因此在笔头部位需注意材料的隔热性及散热性, 以保证用户的使用安全。综合上述对针对 3D 打印笔的产品分析, 初步获得表 1 中该产品部分功能需求 f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_4 、 f_6 、 f_9 、 f_{12} 。

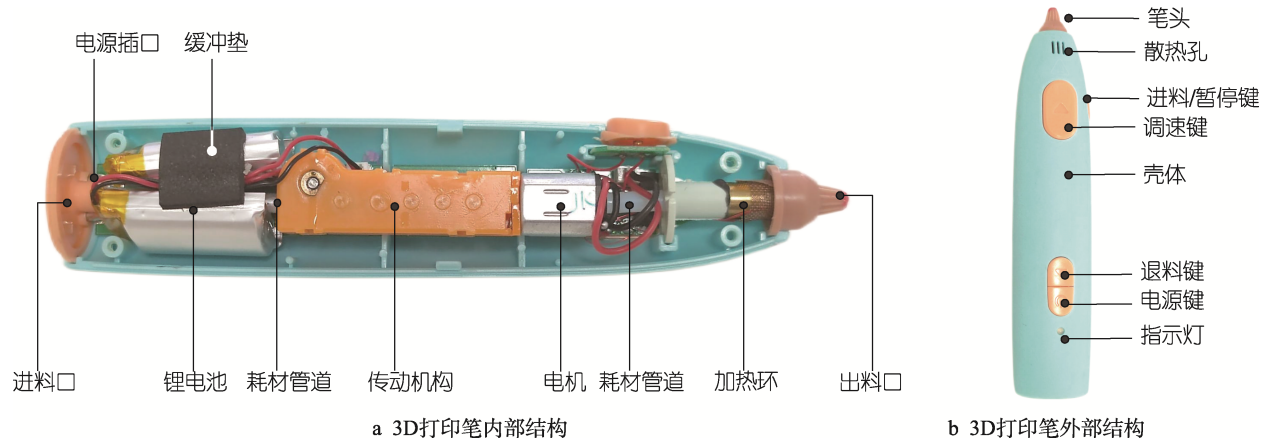


图 2 3D 打印笔结构图
Fig.2 Structure diagram of 3D printing pens

表 1 3D 打印笔用户需求汇总表
Tab.1 Summary of user needs of 3D printing pens

范围	功能需求	说明	编号
基本需求	3D 打印		f_1
	语音提示	在低电量、高速、低速等模式中进行语音提示	f_2
	电量显示	实时显示当前电量状态	f_3
	出料速度可调整		f_4
	绘画模板	用于临摹的画板，在其上临摹后可组装出对应造型	f_5
	自动退料		f_6
	纸质教程		f_7
	视频教学		f_8
安全需求	状态指示灯	红、黄、绿，快闪、慢闪等状态表达方式	f_9
	状态显示屏幕	显示当前工作状态（加热中、加热完成、正常工作等）	f_{10}
	温度显示	实时显示当前打印笔温度	f_{11}
	高低温切换	高温成人模式和低温儿童模式的切换	f_{12}
造型需求	卡通形象	公主、动物、火箭等卡通形象	f_{13}
	更适合手握的粗度	目前市面常用的打印笔较粗	f_{14}
	主题 IP	与动画片等 IP 结合的打印笔造型或教程	f_{15}
其他需求	语音交互		f_{16}
	更长的续航	常用 3D 打印笔续航时间为 45~60 min	f_{17}
	耗材可视化窗口	可显示进入耗材时的进度	f_{18}
	耗材可回收	对使用过的耗材进行回收利用	f_{19}
	可切换颜色	提供颜色切换及能够观察耗材输入或融入程度的窗口	f_{20}
	静音模式		f_{21}
	无线充电		f_{22}
	分级教程	根据年龄等级、熟练度提供相应的教程	f_{23}
	作品收纳盒		f_{24}
	辅助配件	提供球形、正方形等基础造型的配件辅助绘画	f_{25}
	快速固化		f_{26}
	备用电池		f_{27}
	充电底座		f_{28}
	加热时间减少		f_{29}
	提供耗材	提供更多数量的耗材	f_{30}
	插电使用	电池没电的同时提供边插电边使用的充电方法	f_{31}

2.2 基于共创工作坊的 3D 打印笔用户需求获取

共创设计的理念最早起源于国外,它是指在一个系统中通过个人或集体之间的互动来产生创新,创造出新价值的过程^[9]。而在用户研究的过程中,用户是体验产品的专家,他们对产品体验与使用有着最高的发言权,而为了获得更多关于用户的故事与实际需求,需要通过多位用户之间的交流进行灵感启发^[10],因此针对用户的研究可通过共创工作坊的形式展开。该理念在 3D 打印笔设计的过程中处于发现与定义的

阶段,基于英国设计协会提出的双钻模型^[11],构建了如图 3 所示的 3D 打印笔设计研究流程。

2.2.1 共创工作坊设计

为更加精准地了解 3D 打印笔产品的用户特征、产品痛点,以及可能存在的机会点与优化方向,采用共创工作坊的形式邀请利益相关者,联合腾讯会议、Teamind 平台,利用线上共创工具包对 3D 打印笔产品进行深度讨论。共创工具包中包含 6 个预设的环节(如图 4 所示),每个环节内容如下。

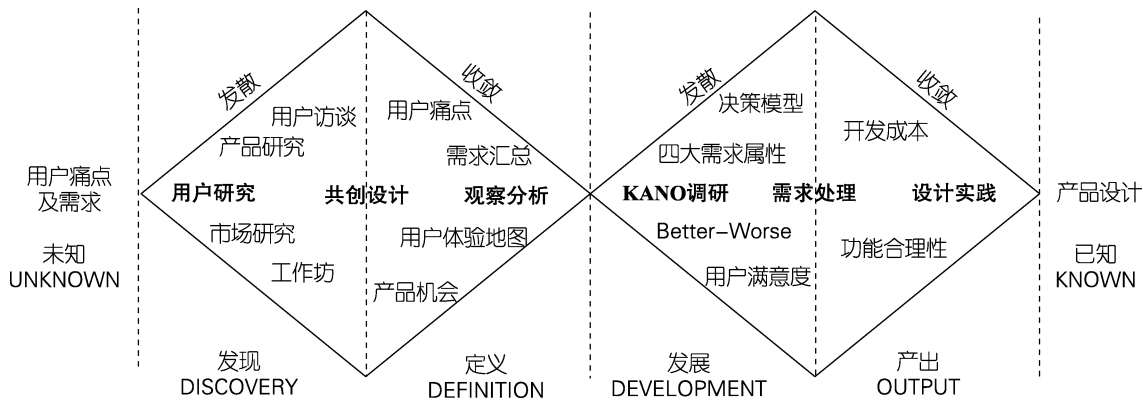


图 3 基于双钻模型的 3D 打印笔设计研究流程
Fig.3 Research process of 3D printing pen design based on double diamond model



图 4 共创工作坊预设模板
Fig.4 Preset templates for co-creation workshop

1) 破冰热身。通过各位嘉宾的介绍及对工作坊流程的解读使各位彼此之间相识。再根据自身角色及

经历描述相应用户特征,分析该特征的用户与 3D 打印笔会产品产生什么样的摩擦,并填写在 Teamind 所对应的便签上。完成后每位嘉宾对自己的理解进行解释探讨。本环节对应双钻模型发现阶段的用户研究内容,用于对用户进行定义分析。

2) 用户功能需求补充。本环节主要目的是为加深各位嘉宾对产品的理解,通过相互补充可能的需求点来产生更多的可能性,对应双钻模型发现阶段中的产品研究内容。

3) 用户痛点案例描述。在该环节中各位嘉宾可以从父母、产品开发者、产品用户等不同角度来描述其在 3D 打印笔方面所遇到的痛点案例,并进行分享讨论。本环节对应双钻模型定义阶段中的痛点分析内容。

4) 方案讨论。针对上一环节所提到的用户痛点进行 5W1H 分析,并针对 1H 中“如何解决该痛点”进行深度讨论。

5) 基于用户体验流程的创新设计。将 3D 打印笔的使用流程拆分为开机预热、预热完成按进料键、插入 3D 打印耗材、调速键调速、根据模板绘画、退料或关机、充电七步。每位嘉宾将每一步存在的产品问题、可能的优化点、优化方法填写在 Teamind 对应的便签中。上一环节和本环节均属于双钻模型定义阶段中的产品机会研究内容。

6) 方案归类。针对前述环节所讨论的用户需求、用户痛点,以及解决方案进行归纳整理。

2.2.2 共创工作坊实施

3D 打印笔设计共创工作坊共招募了 6 位人员,包括某品牌 3D 打印笔的开发专家 2 人、3D 打印笔资深用户 3 人,以及相关行业的产品开发人员 1 人。实施时间为 2022 年 10 月 12 日 19:00—21:30,共持续 150 min。最终较为圆满地完成了工作坊 6 个环节讨论内容,结果如图 5 所示。

通过环节 1 中用户特征描述的讨论与环节 3 中用户痛点案例描述,可将用户群体定位为:6~18 岁的

儿童及青少年群体,该群体为 3D 打印笔的主要人物角色;父母群体为次要人物角色,承担辅助、陪伴儿童使用 3D 打印笔的工作。同时在环节 2~6 中,在针对用户功能需求、痛点案例,以及解决方案进行系统性讨论之后,将用户功能需求分为四类,即基本需求(3D 打印等)、安全需求(温度显示等)、造型需求(卡通形象等)和其他需求(颜色切换等),共 31 个功能需求,并对部分功能需求进行了补充说明,见表 1。这些功能需求将导入后续的 KANO 需求分析。

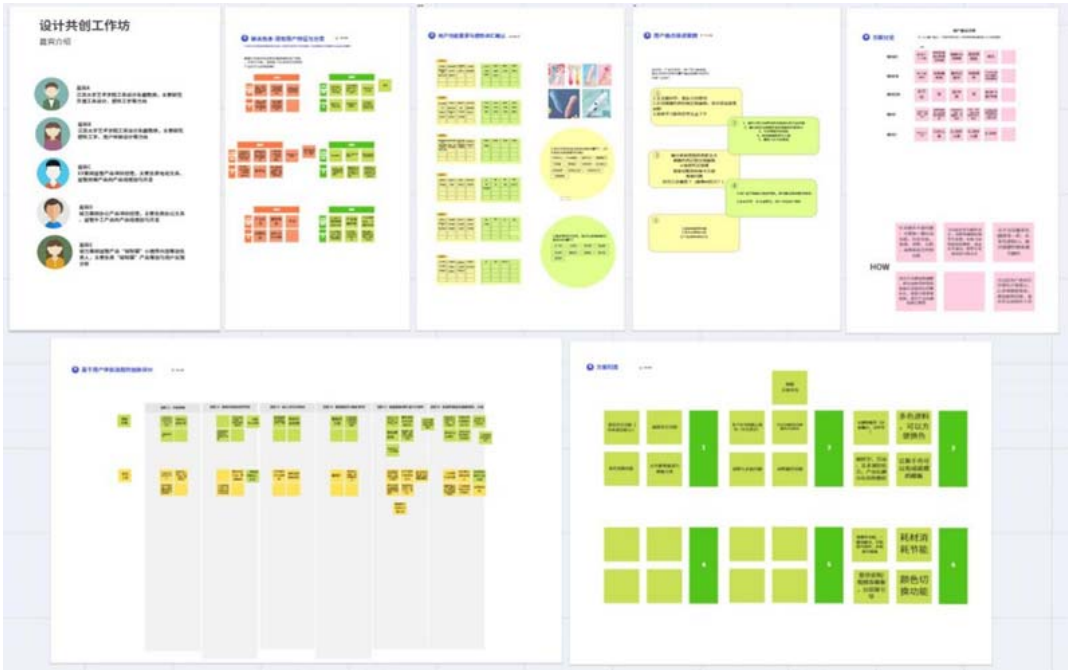


图 5 3D 打印笔共创工作坊展示图
Fig.5 Results of 3D printing pen co-creation workshop

3 基于分析型 KANO 模型的用户需求分析

3.1 KANO 调研与问卷设计

根据表 1 中的功能需求编制 Kano 问卷^[12],以功能需求 f_1 为例,问卷格式见表 2、图 6。针对每项用户需求,被试者需根据该需求具备时的满意度及不具备时的满意度评价进行选择。同时为准确获得每项需求的重要性排序,在该问卷中加入了分析型 KANO 模型问卷^[8]中针对需求的重要程度权重进行打分的项,用于分析用户对不同功能需求的重要度感知情况^[13]。2022 年 10 月 15 日至 10 月 20 日,通过 Credamo 问卷平台线上发放 Kano 问卷 50 份,从中挑选出有

3D 打印笔使用经验的用户答卷 23 份。同时,通过线下发放问卷 20 份,调研对象除了是具备一定产品使用经验的用户外,还有部分经验丰富的产品开发及陪伴儿童使用 3D 打印笔的父母群体,在删除无效答卷后,线上线下共获得有效问卷 43 份。

表 2 3D 打印笔用户需求满意度调查问卷(1)
Tab.2 User needs satisfaction questionnaire of 3D printing pens (1)

问卷问题	喜欢	理所当然	无所谓	能忍受	不喜欢
产品具备该功能时	1	0.5	0	-0.25	-0.5
产品不具备该功能时	-0.5	-0.25	0	0.5	1

问卷问题	一点也不重要←→非常重要										
该项需求的重要程度	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0

图 6 3D 打印笔用户需求重要度调查问卷(2)
Fig.6 Customer needs importance questionnaire of 3D printing pens (2)

3.2 调研结果数据处理

3.2.1 KANO 模型属性分类表

为确定每项功能需求在 KANO 模型中的具体分类, 通过 KANO 模型分类对照图对各项需求进行分类定义, 见图 7。其中, A 代表魅力属性; O 代表期

望属性; M 代表必备属性; I 代表无差异属性; R 代表反向属性; Q 代表可疑结果^[14]。由于每位用户对同一项需求的态度存在区别, 因此需统计每种可能下用户选择的数量多少, 并填写在表格中, 选择人数最多的即为该项目对应的属性^[15], 统计填入 KANO 模型属性分类表中, 见表 3。

产品/服务需求	反向(如果产品不具备该功能, 您的评价是)					
	量表	喜欢	理所当然	无所谓	能忍受	不喜欢
正向 (如果产品具备该功能, 您的评价是)	喜欢	<i>Q</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>O</i>
	理所当然	<i>R</i>	<i>I</i>	<i>I</i>	<i>I</i>	<i>M</i>
	无所谓	<i>R</i>	<i>I</i>	<i>I</i>	<i>I</i>	<i>M</i>
	能忍受	<i>R</i>	<i>I</i>	<i>I</i>	<i>I</i>	<i>M</i>
	不喜欢	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>Q</i>

图 7 KANO 模型属性分类对照图^[16]
Fig.7 Attribute classification comparison of KANO model^[16]

表 3 3D 打印笔 KANO 模型属性分类与满意度评价表
Tab.3 KANO model attribute classification and satisfaction evaluation of 3D printing pens

编号	功能需求	KANO 模型属性分类					属性	$\bar{X}_i$	$\bar{Y}_i$	$ \bar{r}_i $	α_i^0
		<i>M</i>	<i>O</i>	<i>A</i>	<i>I</i>	<i>R</i>					
f_1	3D 打印	35	5	0	3	0	<i>M</i>	0.958	0.542	1.060	25.3
f_2	语音提示	9	5	14	13	0	<i>A</i>	0.428	0.467	0.634	47.5
f_3	电量显示	15	9	9	10	0	<i>M</i>	0.591	0.527	0.791	41.7
f_4	出料速度可调整	16	11	9	7	0	<i>M</i>	0.656	0.569	0.868	40.9
f_5	绘画模板	6	9	12	16	0	<i>I</i>	0.477	0.515	0.702	47.2
f_6	自动退料	15	12	8	7	0	<i>M</i>	0.597	0.510	0.785	40.6
f_7	纸质教程	6	9	9	19	0	<i>I</i>	0.424	0.438	0.610	45.9
f_8	视频教学	3	11	15	14	0	<i>A</i>	0.413	0.515	0.660	51.3
f_9	状态指示灯	23	8	2	10	0	<i>M</i>	0.693	0.484	0.845	34.9
f_{10}	状态显示屏幕	14	4	14	9	0	<i>M</i>	0.501	0.480	0.716	42.1
f_{11}	温度显示	10	4	12	17	0	<i>I</i>	0.380	0.384	0.540	45.3
f_{12}	高低温切换	9	9	15	10	0	<i>A</i>	0.458	0.509	0.685	48.0
f_{13}	卡通形象	2	3	19	17	0	<i>A</i>	0.145	0.300	0.333	64.2
f_{14}	更适合手握的粗度	15	8	11	9	0	<i>M</i>	0.523	0.462	0.698	41.5
f_{15}	主题 IP	2	1	23	15	0	<i>A</i>	0.169	0.350	0.389	64.2
f_{16}	语音交互	7	7	17	12	0	<i>A</i>	0.384	0.477	0.612	51.1
f_{17}	更长的续航	15	13	12	2	0	<i>M</i>	0.600	0.592	0.843	44.6
f_{18}	耗材可视化窗口	8	9	17	9	0	<i>A</i>	0.474	0.537	0.717	48.6
f_{19}	耗材可回收	5	8	20	10	0	<i>A</i>	0.406	0.535	0.672	52.8
f_{20}	可切换颜色	5	12	19	7	0	<i>A</i>	0.479	0.600	0.768	51.4
f_{21}	静音模式	8	5	15	15	0	<i>A</i>	0.372	0.444	0.579	50.0
f_{22}	无线充电	3	9	18	13	0	<i>A</i>	0.360	0.499	0.615	54.1
f_{23}	分级教程	4	11	22	6	0	<i>A</i>	0.444	0.583	0.732	52.7
f_{24}	作品收纳盒	7	1	16	19	0	<i>I</i>	0.274	0.320	0.421	49.4
f_{25}	辅助配件	6	9	19	9	0	<i>A</i>	0.418	0.535	0.679	52.0
f_{26}	快速固化	4	10	17	12	0	<i>A</i>	0.437	0.559	0.710	52.0
f_{27}	备用电池	7	11	12	13	0	<i>I</i>	0.466	0.507	0.689	47.4
f_{28}	充电底座	11	10	10	12	0	<i>I</i>	0.444	0.458	0.677	42.6
f_{29}	加热时间减少	5	9	22	7	0	<i>A</i>	0.416	0.571	0.707	53.9
f_{30}	提供耗材	14	13	10	6	0	<i>M</i>	0.615	0.603	0.862	44.4
f_{31}	插电使用	15	9	5	14	0	<i>M</i>	0.544	0.435	0.696	38.7

3.2.2 分析型 KANO 模型属性分类

设产品功能需求表示为 $F=\{f_i/i=1,2,\cdots,I\}$ 。其中, F 为 3D 打印笔用户功能需求的集, f_i 代表第 i 个功能需求, 调研用户总数为 J 。根据分析型 KANO 问卷调查表, 可获得用户对每个功能需求 $f_i=(\forall i=1,2,\cdots,I)$ 的评价, 见式 (1)。

$$e_{ij}=(x_{ij}, y_{ij}, w_{ij}) \quad (1)$$

式中: x_{ij} 是第 j 位用户对功能需求 f_i 不具备时的满意度评价; y_{ij} 是第 j 位用户对功能需求 f_i 具备时的满意度评价; w_{ij} 是第 j 位用户对功能需求 f_i 的重要性评价。

针对每项功能需求 f_i , 用户对不具备该功能需求时的平均满意度水平定义为 $\bar{X}_i$, 对具备该功能需求时的平均满意度水平定义为 $\bar{Y}_i$, 则具体计算见式 (2) ~ (3)。

$$\bar{X}_i = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J w_{ij} x_{ij} \quad (2)$$

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J w_{ij} y_{ij} \quad (3)$$

通过式 (2) ~ (3) 可计算出 $(\bar{X}_i, \bar{Y}_i)$ 的二维坐标

图。该坐标图的横坐标代表不具备功能需求 f_i 时用户的不满意度水平, 纵坐标代表功能需求具备时 f_i 用户的满意度水平, $\bar{X}_i$ 和 $\bar{Y}_i$ 的计算结果见表 3。最终绘制出基于分析型 KANO 模型的 3D 打印笔用户功能需求属性分类图, 见图 8。其中, 功能需求具备时和功能需求不具备时用户的满意度评价阈值分别为其总和的平均值。处于 4 个象限中的功能需求从第一象限到第四象限分别属于期望型需求、魅力型需求、无差异型需求和必备型需求。在产品开发时, 该四大属性的需求重要性优先级为: 必备型属性 > 期望型属性 > 魅力型属性 > 无差异型属性^[17]。

3.2.3 3D 打印笔需求属性决策指标设计

为建立 3D 打印笔需求属性决策指标模型, 可以用 KANO 满意度和 KANO 重要度作为两个维度将用户功能需求划分为 4 个象限。因此, 将向量 $\vec{r}_i$ 的长度 $|\vec{r}_i|$ 设为 KANO 重要度指标, $0 \leq |\vec{r}_i| \leq \sqrt{2}$; 角度 α_i 设为 KANO 满意度指标, $0 \leq \alpha_i \leq \frac{\pi}{2}$ 。则两者的计算, 见式 (4) ~ (5)。

$$|\vec{r}_i| = \sqrt{\bar{X}_i^2 + \bar{Y}_i^2} \quad (4)$$

$$\alpha_i = \tan^{-1}(\bar{Y}_i / \bar{X}_i) \quad (5)$$

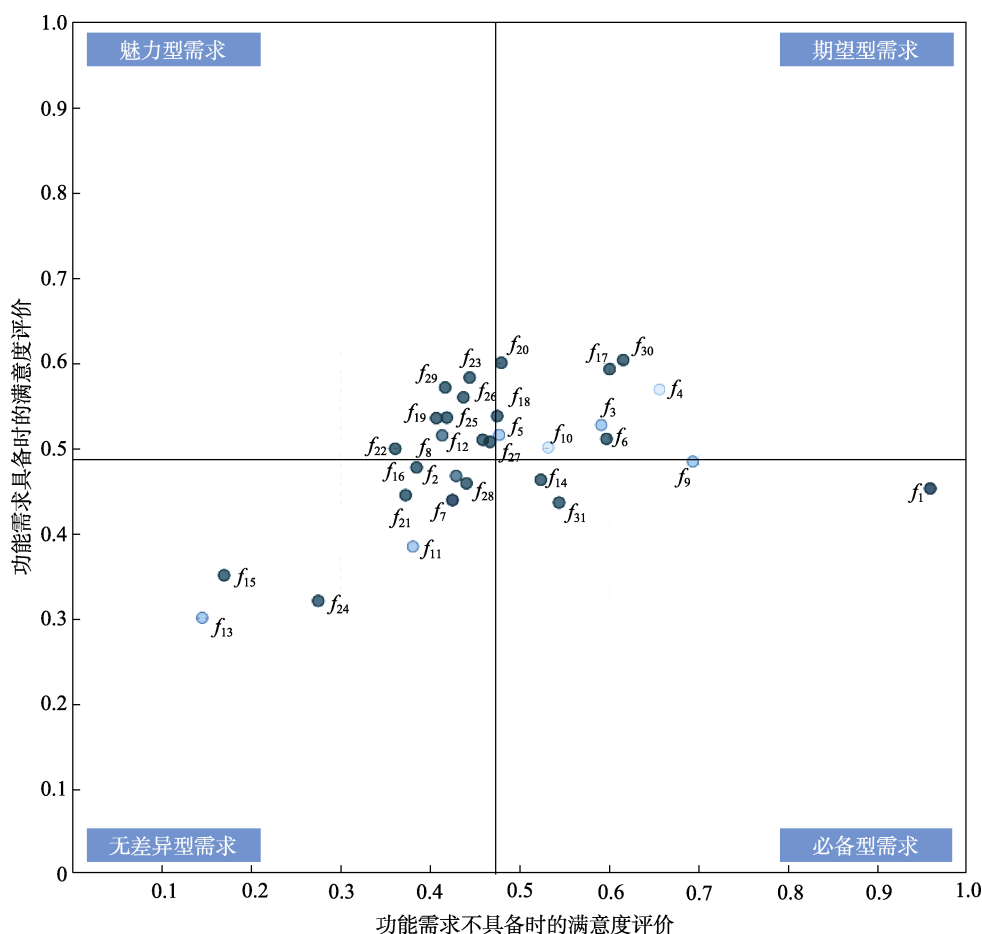


图 8 基于分析型 KANO 模型的 3D 打印笔功能需求属性分类

Fig.8 Classification diagram of 3D printing pen functional requirements attribute based on analytical KANO model

具体计算结果见表 3。将 KANO 问卷所得数据代入后可绘制出基于分析型 KANO 模型的功能质量提升矩阵, 见图 9。

在“无需关心”区中, 用户对该区域功能需求的感知满意度和重要度都不高, 图 9 中功能需求 f_7 、 f_{11} 、 f_{28} 均处于该区域中, 且均属于无差异型需求。因此在进行产品设计时可不考虑这 3 项功能需求。

在“过剩满意”区中, 用户对处于该区域功能需求的感知满意度高, 但感知重要度不高。图 9 中功能需求 f_2 、 f_8 、 f_{13} 、 f_{15} 、 f_{16} 、 f_{19} 、 f_{21} 、 f_{22} 、 f_{24} 均处于该区域中, 且较多的无差异型需求同样位于该区域。因此, 对用户来说位于该区域的功能需求重要性较低, 可根据产品开发的实现难度及实现成本来考虑是否进行开发。

在“保持绩效”区中, 用户对该区域的功能需求感知满意度及重要程度都很高, 图 9 中 f_5 、 f_{12} 、 f_{18} 、 f_{20} 、 f_{23} 、 f_{25} 、 f_{26} 、 f_{27} 、 f_{29} 都位于该区域, 且较多的魅力型需求和期望型需求也位于该区域。因此, 在产品开发时需着重关注位于该区域的功能需求。

在“重点提升”区中, 用户对该区域的功能需求感知满意度较低, 而感知重要度很高, 图中 f_1 、 f_3 、 f_4 、 f_5 、 f_6 、 f_9 、 f_{10} 、 f_{14} 、 f_{17} 、 f_{30} 、 f_{31} 均位于该区域, 且其中 f_1 、 f_9 、 f_{14} 、 f_{31} 4 项功能需求为必备型需求。因此,

应针对位于该区域的 4 项必备型功能需求进行重点改善。

为确定同一区域中不同功能需求在进行设计决策时的优先级, 引入功能需求属性提升的决策指标 ρ_i , 其计算见式 (6)。

$$\rho_i = \frac{2\sqrt{2}}{3} \left(1 - \frac{\alpha_i}{\pi} \right) r_i \quad (6)$$

根据图 10 中关于 ρ_i 的计算结果, 可得 $\rho_1 > \rho_9 > \rho_{31} > \rho_{14}$ 。因此, 在进行 3D 打印笔功能设计时, 应当最先提升 f_1 , 其次为 f_9 , 其余功能需求以此类推, 功能需求决策分析结果见表 4。

3.3 分析型 KANO 模型与传统 KANO 模型的对比

为验证分析型 KANO 模型方法的有效性, 故对分析型 KANO 模型与传统 KANO 模型的分析结果展开对比。

传统 KANO 模型中, 通常会根据 KANO 模型属性分类表来计算各项需求的 Better (B)、Worse (W) 系数, 其计算分别见式 (7) ~ (8)。

$$B = \frac{O+A}{O+M+A+I} \quad (7)$$

$$W = \frac{O+M}{O+M+A+I} \quad (8)$$

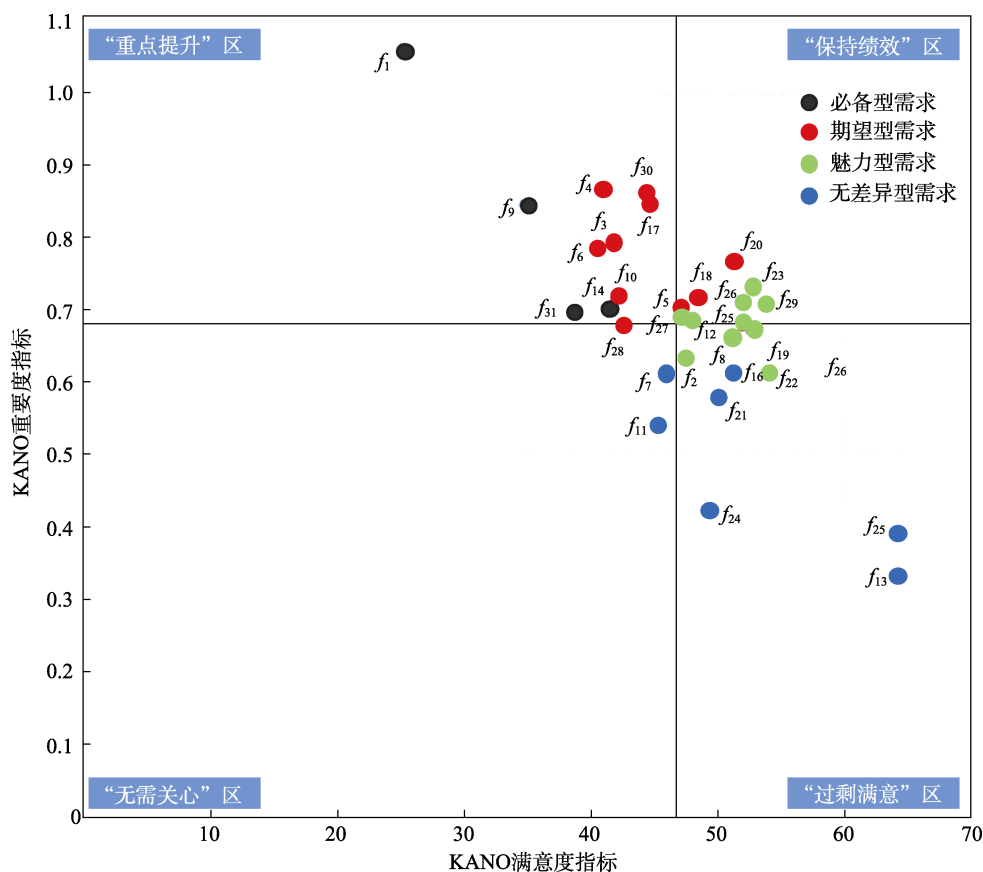


图 9 基于分析型 KANO 模型的功能需求提升矩阵

Fig.9 Functional requirements improvement matrix based on analytical KANO model

编号	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8
ρ_i	0.864	0.442	0.576	0.636	0.491	0.577	0.431	0.447
编号	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}	f_{13}	f_{14}	f_{15}	f_{16}
ρ_i	0.646	0.52	0.383	0.476	0.203	0.509	0.237	0.416
编号	f_{17}	f_{18}	f_{19}	f_{20}	f_{21}	f_{22}	f_{23}	f_{24}
ρ_i	0.601	0.496	0.45	0.52	0.397	0.408	0.491	0.29
编号	f_{25}	f_{26}	f_{27}	f_{28}	f_{29}	f_{30}	f_{31}	
ρ_i	0.458	0.478	0.481	0.49	0.469	0.615	0.518	

图 10 3D 打印笔功能需求属性决策指标数值
Fig.10 Functional requirements attribute decision indexes of 3D printing pens

表 4 分析型 KANO 模型与传统 KANO 模型分析结果对比
Tab.4 Comparison of analysis results of analytical KANO model and traditional KANO model

需求属性分类	传统 KANO 模型	需求属性决策分类	分析型 KANO 模型
必备型需求	$f_1 > f_6 > f_4 > f_9 > f_3 > f_{14} > f_{28} > f_{31} > f_{10}$	“重点提升”区	$f_1 > f_9 > f_{14} > f_{31}$
期望型需求	$f_{17} > f_{30}$	“重点提升”区 “保持绩效”区	$f_4 > f_{30} > f_{17} > f_6 > f_3 > f_{10}$ $f_{20} > f_{18} > f_5$
魅力型需求	$f_{23} > f_{20} > f_{29} > f_{25} > f_{18} > f_{19} > f_{26} > f_{12} > f_8 > f_{22} > f_{27} > f_{16} > f_{15} > f_{13}$	“保持绩效”区 “过剩满意”区	$f_{23} > f_{27} > f_{26} > f_{12} > f_{29} > f_{25}$ $f_{19} > f_8 > f_{22}$
无差异型需求	$f_5 > f_2 > f_{21} > f_7 > f_{11} > f_{24}$	“过剩满意”区 “无需关心”区	$f_2 > f_{16} > f_{21} > f_{24} > f_{15} > f_{13}$ $f_{28} > f_7 > f_{11}$

根据式(7)~(8),将表3中的数据代入计算可得3D打印笔产品的Better-Worse系数矩阵图,见图11。同时,根据该系数矩阵图可计算出每项功能需求的重要性程度,即每项功能需求所在坐标位置与原点之间的距离大小,最终将上述分析结果与分析型KANO模型的3D打印笔功能性需求分析结果进行对比,见表4。

根据表4中分析型KANO模型与传统KANO模型的分析结果对比,可以较为明显地发现分析型KANO模型相较于传统KANO模型的优势所在。具体如下。

1)传统KANO模型中划分出了较多非必要的必备型需求,“充电底座”和“状态显示屏幕”均为目前市场所不具备的3D打印笔功能。因此,这两项功能显然不应当列为必备型需求。此外,传统KANO模型中划分了过多魅力型需求,该结果容易导致开发者难以评估筛选相对有效的需求,而分析型KANO模型中功能属性的划分则相对均匀合理。

2)传统KANO模型仅将功能需求划分为4种类别。而在分析型KANO模型中,功能需求除了被划分为4种类别外,还提供了将功能需求划分为4种不同开发策略类别的方法,即“重点提升”区、“保持绩效”区、“过剩满意”区和“无需关心”区,进而将所有功能需求精细化划分,用于辅助设计决策。

综上所述,可以确认相较于传统KANO模型,分析型KANO模型的决策有效性更高。因此,进一步采

用分析型KANO模型进行3D打印笔设计策略的分析。

3.4 基于分析型 KANO 模型的 3D 打印笔设计策略

依据分析型 KANO 模型的数据处理结果,可以从功能需求属性分类和功能需求提升矩阵模型两个维度对 3D 打印笔进行设计改良方案的策划。

3.4.1 基于功能需求属性分类的设计策略

“3D 打印”“状态指示灯”“更适合手握的粗度”“插电使用”4 项功能为必备型需求,在产品设计时必须加入上述功能,并着重考虑用户在使用该功能时的体验。“提供耗材”“更长的续航”“电量显示”“可切换颜色”等为 3D 打印笔的期望型需求。因此,在成本允许的情况下应为用户更多地提供耗材,在电池的续航方面着手改进打印笔的功耗及电池容量问题,并根据产品定位进行电量显示、可切换颜色等功能的设计,以此提升用户满意度。“分级教程”“备用电池”两项需求为魅力型需求中较为重要的两项需求。因此,在考虑产品的市场策略时应针对这两项需求进行重点开发。同时,在此基础上也可根据开发难度及开发效率,结合其余魅力型需求的重要性进行战略布局。“语音交互”“静音模式”“充电底座”等为无差异型需求。因此,即便在该方面投入更多的开发资源和设计精力也不会有明显的用户体验方面的改善,在进行产品设计时可以基本忽略该方面的功能设计。

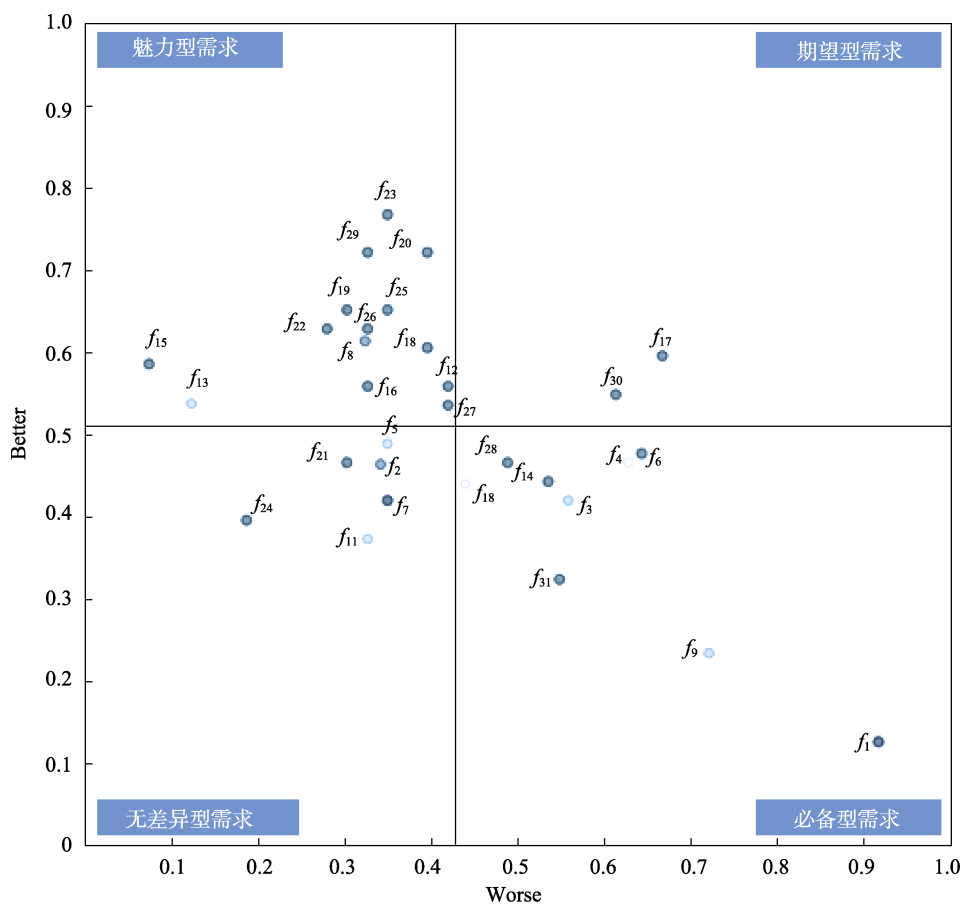


图 11 基于 KANO 模型的 Better-Worse 系数矩阵图
Fig.11 Better-Worse coefficient matrix diagram based on KANO model

3.4.2 基于功能需求提升矩阵模型区域分类的设计策略

在“重点提升”区中,“3D 打印”“状态指示灯”“更适合手握的粗度”,以及“插电使用”为必备型需求。其中,“3D 打印”作为 3D 打印笔最基本也是最重要的一项功能,可以从魅力型需求或期望型需求中再选出能够改善 3D 打印体验的一项功能进行结合设计,如在用户痛点中经常提及的“可切换颜色”问题等,将其作为主要设计点进行拓展。“状态指示灯”和“插电使用”为产品设计必须加入的功能需求。对于“更适合手握的粗度”,可从人机工学的角度,在内部结构允许的情况下对打印笔笔头部分尺寸进行再设计,以提升用户在使用打印笔时的手感。同时,“重点提升”区还存在 6 项期望型需求,其中“提供耗材”和“更长的续航”方面可根据产品成本及市场定位等因素来考虑是否满足。

4 3D 打印笔设计实践与评估

4.1 设计实践

利用 3D 打印笔的产品与用户研究及 KANO 需求模型的数据分析,可以对 3D 打印笔的功能需求进行

分类。在此研究的基础上,排除了对用户满意度无影响的无差异型需求及确定了产品必须具备的必备型需求后,得到了 9 个魅力型需求及 9 个期望型需求,通过质量提升矩阵模型区域分类最终确定了各项需求的设计优先级,即以能够提升位于“重点提升”区中 3D 打印功能的使用体验,且属于期望型需求的“可切换颜色”为主要设计要素,并以“辅助配件”“电量显示”“耗材可视化窗口”和“高低温切换”4 个重要程度相对较低的期望型需求和魅力型需求为次要设计要素。最终设计方案为一款可换色 3D 打印笔,其最高可切换 3 种不同颜色的耗材,可满足大多数情况下的 3D 绘画需求。3D 打印笔的上半身有 3 个可视化的耗材窗口,通过该窗口能够直观地观察到 3 种颜色耗材的剩余长度,窗口右侧设计有相对应的耗材插口,开机插入耗材后打印笔能够自动推进耗材,同时本设计提供了若干个塑料正方形、长方形、圆环、球体、半球体,以及细棍,作为用户 3D 造型绘画时的辅助工具,并在打印笔手握处进行了人机工学设计,提升了儿童在手持握时的舒适度。3D 打印笔的设计实践方案见图 12,颜色切换功能结构图见图 13。

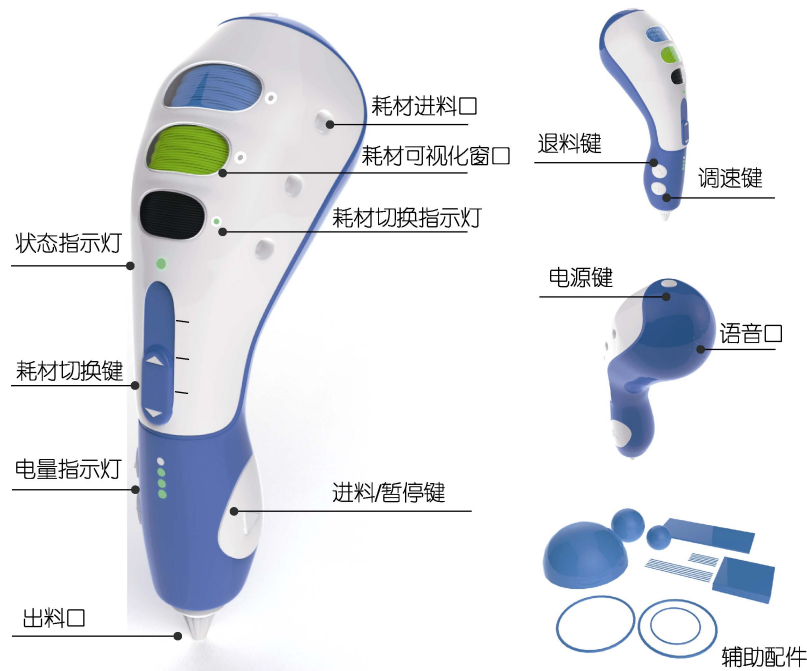


图 12 3D 打印笔设计方案
Fig.12 Design scheme of 3D printing pens

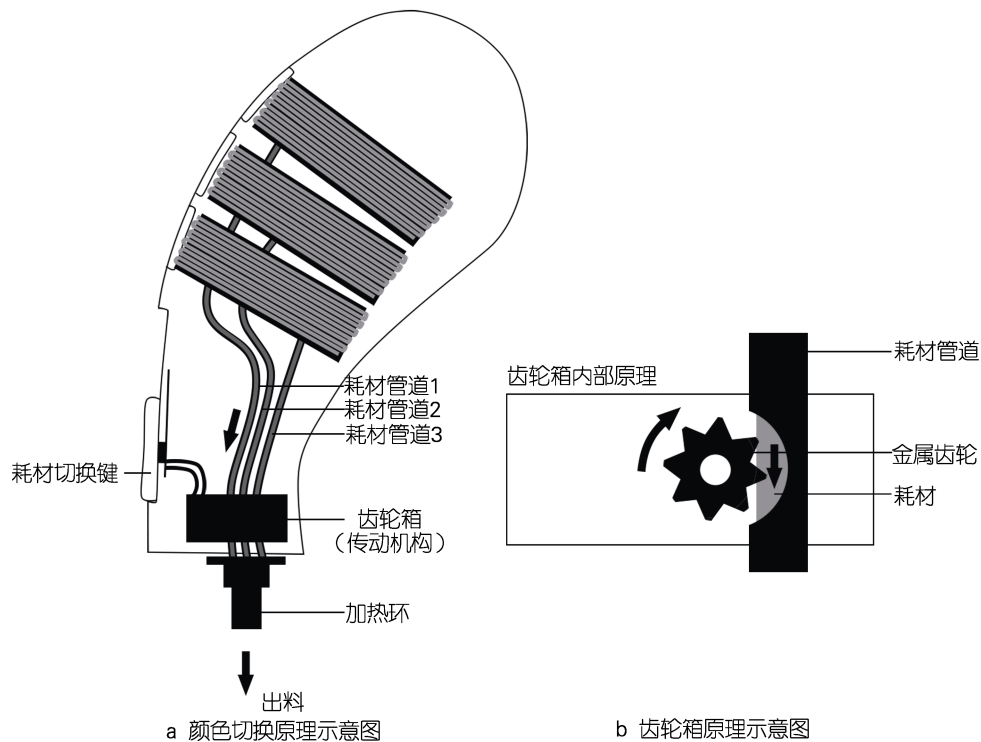


图 13 耗材切换功能结构图
Fig.13 Functional structure diagram of how to switch consumables

4.2 设计评估

为验证本次 3D 打印笔设计实践的可行性和用户满意度，设计评估采用问卷调查的方式展开。问卷内容共分为两部分。

1) 评估该方案的功能设计满意度，共包括 6 个

维度，即电量显示功能、耗材颜色切换功能、耗材余量显示功能、提供辅助配件功能、语音交互功能、进退料按键功能。

2) 评估该方案的综合可行性，共包括 5 个维度，即使用舒适性、造型美观性、功能合理性、产品安全性、结构合理性^[18]。

采用五级李克特量表进行打分, 1~5 评分等级分别代表很不满意、不满意、一般、满意、很满意, 问卷示例见表 5。为避免被试对设计方案理解不够而使结果产生误差, 在问卷开始之前进行产品功能的详细介绍。

表 5 设计评估问卷示例
Tab.5 Design evaluation questionnaire example

产品功能/综合可行性选项	满意度				
电量显示功能	1	2	3	4	5

通过 Credamo 问卷平台线上发放问卷 40 份, 获得有效问卷 25 份。同时, 通过线下发放问卷 20 份, 获得有效问卷 16 份。调研对象均为有 3D 打印笔使用经验的用户, 在删除无效答卷后, 线上线下载共获得有效问卷 41 份, 问卷结果见表 6。由表 6 可见, 该设计方案在功能需求的实现程度上用户满意度较高, 各项功能满意度平均值均在 4 分左右。在综合可行性评估方面, 用户在使用舒适性、功能合理性、产品安全性、结构合理性上的满意度平均值均在 4 分以上, 而在造型美观性上的满意度平均值为 3.44, 稍低于其他维度, 可认为该方案的综合可行性较高, 后续可针对造型美观性进行提升。

表 6 设计方案评估结果
Tab.6 Design scheme evaluation results

产品功能 评估选项	平均分	产品综合可行性 评估选项	平均分
电量显示功能	4.02	使用舒适性	4.02
耗材颜色切换功能	4.07	造型美观性	3.44
耗材余量显示功能	4.05	功能合理性	4.07
提供辅助配件功能	4.12	产品安全性	4.19
语音交互功能	3.97	结构合理性	4.22
进退料按键功能	3.98		

5 结语

通过分析型 KANO 需求模型的研究方法, 以用户需求为核心, 获得了针对 3D 打印笔产品的用户需求属性分类及重要程度排序, 并对比了分析型 KANO 模型与传统 KANO 模型的分析结果, 验证了该方法的有效性, 最后根据用户需求属性分类和重要性程度确定了 3D 打印笔的功能配置设计方案, 在传统 3D 打印笔基础上完成了能为用户带来更高满意度的产品设计。该设计基于目前玩具市场呈现井喷式发展, 而相对应的产品却时常难以满足儿童需要的社会背景下提出的, 能够有效增加 3D 打印笔用户的满意度, 后续可以针对 3D 打印笔的改良设计方案进行更多的探索。研究表明, 基于分析型 KANO 模型进行用户

需求挖掘分析, 能够较为精准地实现用户需求的分类和重要度排序, 为设计决策提供依据, 从而提升用户体验。这一研究可以为其他相关产品设计提供相应的参考和借鉴。

参考文献:

[1] 国家统计局. 第七次全国人口普查公报(第五号) [EB/OL]. (2021-05-11)[2022-11-07]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/rkpcgb/qgrkpcgb/202106/t20210628_1818824.html.
National Bureau of Statistics. Bulletin of the Seventh National Population Census (No.5) [EB/OL]. (2021-05-11)[2022-11-07]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/rkpcgb/qgrkpcgb/202106/t20210628_1818824.html.
[2] 中国玩具和婴童用品协会. 2022 中国玩具和婴童用品行业发展白皮书[EB/OL]. (2022-05-19)[2022-11-07]. <http://www.wjyt-china.org/remaibaogao/105114/36.html>.
China Toy and Juvenile Products Association. White Paper on the Development of China's Toy and Baby Products Industry in 2022 [EB/OL]. (2022-05-19)[2022-11-07]. <http://www.wjyt-china.org/remaibaogao/105114/36.html>.
[3] 杨静. 基于 KANO-AHP 模型的陕西汉唐旅游纪念品需求指标评价[J]. 包装工程, 2017, 38(4): 239-247.
YANG Jing. Evaluation on Demand Indexes of Tourist Souvenirs at Shaanxi Han Tang Scenic Spot Based on KANO-AHP Model[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(4): 239-247.
[4] 虞慧岚, 田多, 宋明亮, 等. 基于 KANO 模型的房车营地服务设计需求分析[J]. 艺术与设计(理论), 2019, 2(7): 98-100.
YU Hui-lan, TIAN Duo, SONG Ming-liang, et al. Analysis of RV Camp Service Design Needs Based on KANO Model[J]. Art and Design(Theory), 2019, 2(7): 98-100.
[5] 熊韵佳, 何人可. 基于卡诺与四象限模型的商业智能系统界面设计[J]. 包装工程, 2020, 41(10): 242-247.
XIONG Yun-jia, HE Ren-ke. Interface Design of Business Intelligence System Based on Carnot and Four-quadrant model[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(10): 242-247.
[6] XU Q, JIAO R J, YANG X, et al. An Analytical Kano Model for Customer Need Analysis[J]. Design Studies, 2009, 30(1): 87-110.
[7] 孟庆良, 周芬, 蒋秀军. 基于顾客需求分类重组的大规模定制服务族规划[J]. 管理工程学报, 2015, 29(1): 82-88.
MENG Qing-liang, ZHOU Fen, JIANG Xiu-jun. Planning of Mass Customized Service Family Based on Customer Demand Classification and Reorganization[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2015, 29(1): 82-88.

(下转第 148 页)